Министерство образования Российской Федерации.

Уфимский государственный авиационный технический университет.

Кафедра авиационного приборостроения.

**Особенности психофизиологической деятельности экипажа на борту ЛА**

### Подготовил: студент группы АП-423

Хамитов Р.Г.

Уфа-2003

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение |  |
| 1. | ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОЛОГИЯ В АВИАЦИИ | 5 |
| 2 | РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕК - МАШИНА | 6 |
| 3. | ИЛЛЮЗИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕТЧИКА В ПОЛЕТЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОРИЕНТИРОВКУ | 8 |
| 3.1 | Нарушение пространственной ориентировки (НПО) как авиационный синдром | 8 |
| 3.2. | Зрительные иллюзии как причина НПО | 10 |
| 3.3. | Формы и виды зрительных иллюзий НПО | 11 |
| 3.4. | Иллюзии приборного полета при ведении пилотом пространственной ориентировки по авиационному горизонту | 12 |
| 3.5. | Вестибулярные иллюзии как причина НПО | 17 |
| 3.6. | Формы и виды вестибулярных иллюзий НПО | 18 |
| 4. | УЧЕТ СПЕЦИФИКИ ОБРАЗА ПОЛЕТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНДИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ САМОЛЕТА | 19 |
|  | Заключение | 32 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Содержание:**

#### Введение.

*«Иллюзии в полёте по приборам могут возникать у подавляющего большинства лётчиков, хотя и с различной частотой, в различной форме, степени выраженности и стойкости... По своей форме иллюзии бывают весьма разнообразными, но более часто отмечаются иллюзии кренов, вращения, пикирования и кабрирования. Иллюзия крена может достигнуть 75° и переходить в иллюзию перевёрнутого полёта...»*  
   - такие строки об одной из острейших проблем приборного пилотирования были написаны в книге «Психология лётного труда» патриархом изучения данной проблематики полковником медицинской службы, профессором, доктором медицинских наук Константином Константиновичем Платоновым ещё в 1950-е годы.  
   Как только авиация перешла от простых визуальных полётов к приборному пилотированию в сложных метеоусловиях, при отсутствии видимости линии естественного горизонта и наземных ориентиров, очень остро встала проблема иллюзий в определении пилотом пространственного положения. И первые попытки научно исследовать подобные явления натолкнулись на серьёзные барьеры.  
   Во-первых, в подавляющем большинстве случаев невозможно было получать достоверные описания оригинальных картин происшедшего. Специально ставившиеся эксперименты вызывали процесс лишь искусственно. Они могли довольно полно смоделировать психологический механизм «блуждания» пилота в пространстве, но на основные вопросы: а каков же механизм возникновения самого первого «расстройства», какой из факторов становится решающим «провокатором», как целенаправленно защищать от него пилота - отвечали лишь приближенно.

   Во-вторых, в тех - вероятно достаточно многочисленных - случаях, когда лётчик терял-таки из-за иллюзий в полёте пространственную ориентировку, получить достоверный материал для исследователей было весьма и весьма проблематичной задачей. Благополучно вышедший из такой ситуации летун, разумеется, не был заинтересован в том, чтобы подробно описывать все детали происшедшего, кому бы то ни было - за этим неизбежно последовали бы «оргвыводы» о степени его профессиональной пригодности. Если благополучного выхода в полёте из подобной усложнённой ситуации у пилота не находилось, то ожидать достоверного рассказа было вообще не от кого. Материалы же бортовых регистраторов и иных средств объективного контроля - какими бы совершенными они ни были - представления о механизме возникновения подобных процессов в принципе не могут дать, по ним можно констатировать только сам факт потери лётчиком представления о пространственном положении... Да и то - лишь предположительно, с той или иной степенью достоверности.

   В процессе лётного обучения автор выслушивал те «гипотетические» рассказы об иллюзиях в полёте как что-то далёкое, чуть ли не мифическое и его мало касающееся. Понятно, скажем - из рассказов летавших над морем: бывают такие условия, когда при полёте ясной ночью над бескрайней тихой водной гладью, в поверхности акватории отражается весь звёздный небосклон. Тут уж сильный провоцирующий фактор налицо, в таких случаях, очевидно, необходимо сконцентрироваться на приборном пилотировании, просто-напросто запретив себе без необходимости «бросать» взгляд за борт... Ну и тому подобное.

Воздушная среда в ряде случаев подвергает пилотов суровым испытаниям на зрелость и мастерство, не прощая им даже малых ошибок. Внезапное ухудшение погодных условий и видимости в полете, воздействие пилотажных перегрузок, турбулентных возмущений атмосферы, нарушения предполетного режима отдыха в ряде случаев вызывают у совершенно здоровых пилотов нарушения сенсорной сферы и восприятия. Наиболее опасной формой этих расстройств является потеря пространственной ориентировки летчика в полете. Другой разновидностью названных состояний может быть возникновение болезни движения в полете. Указанные состояния могут проявиться, например, в зрительных иллюзиях, искаженном восприятии летчиком направления силы земного тяготения или гравитационной вертикали, расстройстве интеллектуальных функций (например, способности вести в уме счет времени), нарушении регуляции двигательных навыков (например, умений избирательно распределять зрительное внимание при контроле параметров полета на дисплеях или выполнять цикл рабочих операций с органами управления в кабине самолета). В самых неблагоприятных случаях эти состояния могут вылиться в полную беспомощность и несостоятельность пилота эффективно и безопасно управлять самолетом. Следует подчеркнуть также, что проблема нарушений пространственной ориентировки в полете по своей значимости и возможным опасным исходам стоит в одном ряду с проблемой гипергравитационных расстройств сознания у летного состава высокоманевренной тактической авиации.

#### 1. ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОЛОГИЯ В АВИАЦИИ

1. **Восприятие**: наше восприятие не всегда адекватно тому, что мы видим или слышим. Например, восприятие во многом зависит от наших ожиданий, что мы ожидаем увидеть.
2. **Мотивация**: дает стимул к совершению большинства поступков, определяет поведение человека и способствует поддержанию у него интереса к тем или иным действиям;
3. **Удовлетворенность работой**: получаемое от работы удовлетворение во многом сказывается на ее качестве.
4. **Эмоции**: могут решающим образом предопределить реакцию на сложившиеся обстоятельства.
5. **Самоуспокоенность**: может притупить чувство опасности. Высокая степень автоматизации и надежности современных воздушных судов, а также обыденность полетов является теми факторами, которые могут привести к самоуспокоенности;
6. **Самодисциплина**: дисциплина является важным элементом организованной деятельности. Отсутствие самодисциплины ведет к невнимательности и недостаткам в работе.

Особо необходимо обратить внимание на восприятие риска.

Человек может совершать действия, создающие угрозу безопасности, в связи с неправильной оценкой степени риска.

При выяснении причин неадекватной реакции человека на конкретную ситуацию важно учитывать всю совокупность факторов, которые могли оказать на него воздействие, включая его восприятие и оценку собственного риска.

Авиация является одной из тех сфер деятельности, в которых невозможно полностью избежать риска и плата за ошибки весьма высока. Поэтому при принятии решения, связанного с риском, необходимо тщательно взвесить все возможные "за" и "против".

Пилотирование воздушного судна является одним из тех случаев, когда чрезмерное самомнение или чувство гордости являются опасными.

Сами по себе нормативные положения, правила и инструкции не способны предотвратить авиационные происшествия, и при отсутствии обеспечения их выполнения остаются практически бесполезными.

#### 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕК - МАШИНА

Специалист по человеческим факторам, проектирующий совместную работу людей и машин, осуществляет распределение функций: определенные виды действий (или функции) передаются человеку, другие автоматизируются. От распределения функций зависит не только то, насколько хорошо будет работать система человек — машина, но также качество условий работы персонала, который должен трудиться в рамках этой системы. Любой специалист по человеческим факторам, проектирующий работу, которую необходимо выполнять другим людям, несет огромную ответственность. Поэтому распределение функций — одна из наиболее важных задач разработчиков систем.

Существует много средств, которые проектировщик может и даже должен использовать, но не все они одинаково эффективны. Поскольку от распределения функций зависит, какова будет рабочая нагрузка на человека-оператора, мы рассмотрим природу такой нагрузки, и в особенности нагрузки при умственной работе.

***Человеко-машинные системы:***

Хотя такую систему можно обозначить формально, с помощью математических символов и теории систем, мы будем использовать неформальное словесное определение.Человеко-машинная система — это совокупность людей и машин, взаимодействующих в рамках некоторого окружения ради достижения комплекса целей.

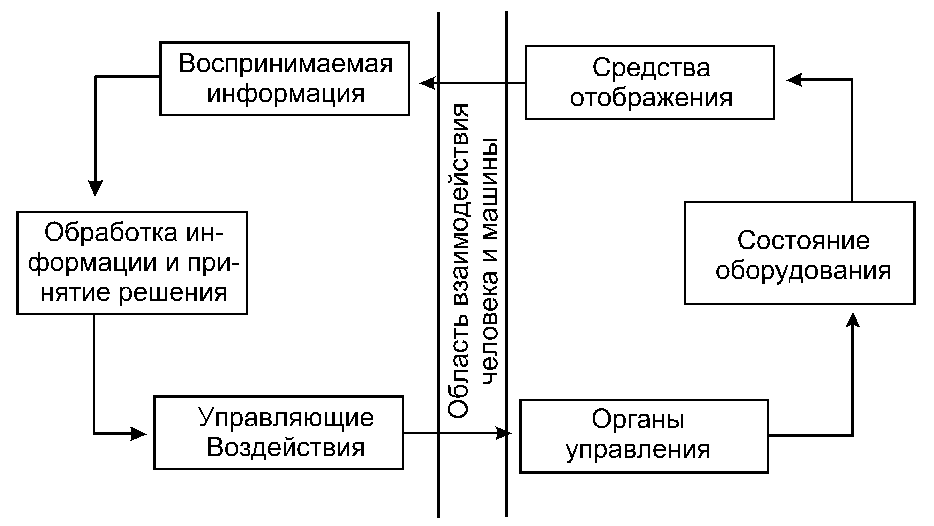


Рис. 1 Схематическое представление человеко-машинной системы.

Специалист по человеческим факторам пытается оптимизировать взаимодействие между человеческими и машинными элементами данной системы, учитывая в то же время окружающую обстановку. Схематически система человек— машина показана на рис. 1. Правая половина схемы представляет подсистему машины, какой она выглядит для специалиста по человеческим факторам. Визуальные и другие средства отображения показывают состояние машинного оборудования в форме, доступной для человеческого понимания. Органы управления позволяют человеку-оператору вносить изменения в состояние оборудования. Эти два блока представляют важнейшие эргономические аспекты машины, а все остальное объединяется в отдельный блок, обозначенный «состояние оборудования». Инженеры, конструирующие это оборудование, тратят месяцы, упорядочивая более детальные подсистемы, которые непосредственно не представлены на рис. 1. С их точки зрения, такая схематизация означает грубое упрощение подсистемы машины, и представлять всю их работу единственным блоком — почти оскорбление. Однако подобная схематизация не означает, что специалист по человеческим факторам недооценивает важность работы конструктора. Она не означает, что дальнейшая детализация машины — выделение редукторов и передач, интегральных схем и цифровой логики — несущественна. Однако специалист по человеческим факторам должен задать характеристики средств отображения и органов управления, отвечающие психофизиологическим характеристикам человека, а также оказывать помощь инженерным группам в обеспечении совместимости динамики системы с возможностями человека. За реализацию этих характеристик ответственны другие, и специалиста по человеческим факторам не особенно заботит, каким образом обеспечивается, например, необходимая задержка по времени — за счет разделения работы или посредством инерционного звена.

Подсистема человека представлена левой стороной рис. 1. Информация воспринимается со средств отображения и обрабатывается, после чего принимаются решения. На основании этих решений формируются управляющие воздействия на органы управления. Конечно, рис. 1 не является адекватным представлением человека: ничто в нем не показывает непосредственно работу мозга и центральной нервной системы. Но хотя мозг и является очень важным органом человека, специалисту по человеческим факторам не нужно знать, что происходит в отдельных нейронах, чтобы оптимизировать систему. Те части системы человек — машина, которые наиболее важны для понимания человеческих факторов, данная схема освещает достаточно хорошо, но в ней пренебрегается другими важными аспектами как машин, так и людей, менее существенными в рассматриваемом контексте.

Вероятно, наиболее важная часть рис. 1 — это вертикальные линии, разделяющие подсистему «машина» и подсистему «человек». Эти линии образуют область взаимодействия между человеком и машиной. Информация проходит через эту область в обоих направлениях: от машины к человеку и от человека к машине. Таким образом, рис.1 представляет собой замкнутый контур, ибо, начав путь в любом пункте системы и пройдя его в одном направлении, неизбежно возвращаешься в исходную точку.

#### 3. ИЛЛЮЗИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕТЧИКА В ПОЛЕТЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОРИЕНТИРОВКУ

#### 3.1. Нарушение пространственной ориентировки

#### как авиационный синдром.

В авиационной психофизиологии наиболее распространенным и общепринятым определением нарушения пространственной ориентировки пилота в полете является характеристика врача-летчика Кента Гиллингема (1992), описавшего названный синдром как “ошибочное ощущение летчиком своего пространственного положения и движения относительно плоскости земной поверхности”. Это определение охватывает все случаи искаженного и ложного восприятия летчиком пространственного положения своего самолета по углам тангажа, крена и высоте полета. Опыт свидетельствует, что практически каждому здоровому летчику в течение своей летной карьеры приходилось переживать более или менее мягкие формы этого необычного состояния в полете. Однако в самых выраженных проявлениях нарушение пространственной ориентировки (НПО) сопряжено с тяжелыми последствиями для безопасности полетов и даже фатальными исходами. Исследования голландских авиационных врачей (Куиперс, 1990) показали, что 30% летчиков истребительной авиации страны за всю свою жизнь, по крайней мере, однократно испытывали в полете тяжелые нарушения пространственной ориентировки (НПО), причем на каждые 300.000 часов суммарного налета самолетов этого ведомства регистрировалось одно трагическое происшествие, вызванное непосредственно нарушением пространственной ориентировки летчика. В ВВС и авиации ВМС США в 1980 - 1990 годы на долю нарушений пространственной ориентировки летчиков в полете выпадало 15 – 20% всех летных происшествий класса А с гибелью людей и объемами ущерба, превышающего сотни миллионов долларов. Хотя статистические показатели частоты летных происшествий по причине нарушений пространственной ориентировки у пилотов авиации общего назначения США составляют менее 5% всех летных катастроф, реальная частота встречаемости этой причины оценивается экспертами на уровне приблизительно в 15%.

Нарушения пространственной ориентировки (НПО) по Гиллингему (1992) классифицируются на 3 основных типа: тип I охватывает неосознанные или неопознанные нарушения, тип II - осознанные нарушения и тип III – нарушения пространственной ориентировки с полной утратой работоспособности летчика. Первый тип описывает нарушения пространственной ориентировки, когда летчик по своим ощущениям убежден в том, что пилотируемый им самолет находится в устойчивом пространственном положении, на стабильной траектории полета. При этом показания основных пилотажно-навигационных приборов об опасных отклонениях самолета от нормального режима полета, которые противоречат внутренним соматическим ощущениям летчика о благополучном ходе полетного задания, могут остаться незамеченными из-за перегруженности пилота или отвлечения внимания от задач пилотирования на другие задачи сопутствующей или совмещенной деятельности, рассеянности или просто преднамеренного игнорирования инструментальной информации о полете. Статистика говорит о том, что на первый тип этого экстремального состояния (НПО–I), часто обозначаемый как “пилотируемый полет технически исправного воздушного судна до столкновения с землей”, приходится свыше 50% всех летных происшествий, вызванных нарушениями пространственной ориентировки. Второй тип нарушений пространственной ориентировки (НПО–II) описывает состояние осознанного летчиком сенсорного конфликта, когда он явственно наблюдает несоответствие показаний пилотажно-навигационных приборов тому cубъективному ощущению и восприятию, которые испытывают он (она), его (ее) психика, органы чувств и анализаторные системы. В ряде случаев летчик может отвергать такое проявление НПО, приписывая расхождения собственных ощущений о пространственном положении самолета с показаниями пилотажно-навигационных приборов отказу последних (что практически маловероятно при достигнутом уровне высокой надежности и научно-технического прогресса в современном авиаприборостроении!). Третий тип (НПО – III) охватывает те случаи нарушений пространственной ориентировки НПО, когда летчик отдает себе отчет в этом состоянии, но не способен из него выйти в результате полной дезорганизации взаимодействия зрительного, вестибулярного и двигательного анализаторов в полете, например, при возникновении неконтролируемого нистагма глаз из-за вращения самолета в штопоре или неспособности выполнить целенаправленное двигательное действие, например, при переживании феномена “гигантской руки” - особого психического состояния, которое испытывается летчиком как полный отрыв от кабины самолета и вмешательство в управление полетом неких потусторонних сил. Хотя нарушения пространственной ориентировки II и III типов, в отличие от НПО I типа, в целом считаются менее вероятными событиями и причинами летных происшествий, нарушения II типа продолжают фигурировать в авиамедицинской статистике летных происшествий как достаточно частые, а в истребительной авиации на долю НПО III типа приходится даже 10 – 15% всех случаев летных происшествий, спровоцированных нарушениями пространственной ориентировки летного состава.

Причины НПО разнообразны и включают в себя расстройства ряда сенсорных и перцептивных систем, а также интеллектуальных и двигательных функций пилота. Источником большинства иллюзий пространственного положения являются ошибочная интерпретация психикой пилота зрительных, вестибулярных и телесных сигналов-раздражителей. Когнитивные нарушения, главным образом, в форме утраты ситуационной осмотрительности, могут прокладывать дорогу НПО, тогда как возникновение двигательного конфликта между системами корковой (произвольной) и подкорковой (непроизвольно-рефлекторной) регуляции движений может привести к развитию наиболее грозной формы НПО III типа с полной и внезапной утратой работоспособности пилота.

#### 3.2. Зрительные иллюзии как причина НПО.

Различные зрительные иллюзии как причинные факторы НПО традиционно рассматриваются с позиций взаимодействия центрального (фокусированного) и периферического (окружающего) полей зрения пилота. Задачей центрального поля зрения является избирательная поисковая деятельность и опознавание объектов внешнего мира. Задачей периферического зрения, охватывающего все зрительное поле и его наиболее удаленные сегменты, является обеспечение пилоту оценки положения линии естественного горизонта и опорных визуальных ориентиров на поверхности земли, которые он воспринимает в своем представлении воздушного пространства неподвижными. Периферическое поле зрения, взаимодействуя с механизмами восприятия, глазодвигательной регуляции и поддержания функции двигательного равновесия и позы, способствует сохранению в мозгу летчика вертикальной ориентации объектов внешнего мира, несмотря на постоянное изменение картины зрительного поля при перемещении его собственного тела в различных направлениях. В отличие от этого центральное зрительное поле, обладая высокой разрешающей способностью зрения, обеспечивает летчику селективную переработку зрительных сигналов, привлекающих его/ee внимание, считывание буквенно-цифровых символов, цветоразличение высвечиваемых на дисплеях параметров полета, и глубинный глазомер – определение удаления до целей на поверхности. В рамках “всеохватного” периферического зрения фундаментальным механизмом его возникновения и развития НПО является утрата или искажение в условиях пониженной видимости восприятия летчиком “естественных” опорных точек отсчета своего пространственного положения относительно земной поверхности, и, в первую очередь линии естественного горизонта. Сказанное означает, что “отсечение” периферического зрения летчика от центрального, вызванное ухудшением погодных условий или астрономической сменой режимов освещения (день, ночь) вынуждает летчика замещать утрату опорных точек линии естественного горизонта в оценке пространственного положения пилотируемого самолета собственным мысленным представлением и отображением, которое он формирует путем последовательного, избирательного и многоступенчатого опроса показаний пилотажно-навигационных приборов в кабине самолета, используя дискретные механизмы переключения фокусированного внимания с одного параметра на другой через канал центрального поля зрения. Такой инструментально-синтетический образ пространственного положения управляемого самолета отличается повышенной хрупкостью, нуждается в непрерывном подкреплении, связан с избыточным расходом ресурсов визуального внимания, этого важного потенциала летчика, и часто неспособен обеспечить безусловное, непререкаемое “доминирование” зрительного анализатора над другими незрительными (например, вестибулярными) или неинструментальными стимуляциями пространственного положения.

#### 3.3. Формы и виды зрительных иллюзий НПО.

Наиболее распространенными формами и разновидностями зрительных иллюзий пилотов являются иллюзии, вызванные искажением или полной утратой картины периферического поля зрения, связанной в первую очередь с восприятием земли или линии естественного горизонта. Для пилотов особую опасность представляют иллюзорное ощущение или ложное восприятие линии горизонта или поверхности земли. Примерами таких опасных иллюзий являются зрительные искажения, когда пилот, принимая за линию естественного горизонта наклон верхней кромки надвигающегося с одной стороны сплошного облачного фронта, непроизвольно вводит в крен самолет. Сходными являются иллюзии ложного горизонта, вызванные восприятием наклона рельефа пролетаемой местности или наклона линии полярных сияний. Хорошо известными примерами восприятия ложного горизонта по углу тангажа является пилотирование самолета в ночных условиях над береговой линией, которая в горизонтальном полете воспринимается пилотом удаляющейся под самолетом аналогично тому, как изменяется положение линии естественного горизонта при наборе высоты в дневных условиях. Это приводит к тому, что огни береговой линии ошибочно принимаются пилотом за линию горизонта и формируют у него ложное ощущение выхода самолета на большие углы тангажа. Наклон одной из стен высокогорного ущелья достаточно большой площади и протяженности может вызвать у пилота ложное восприятие положения линии естественного горизонта или неправильную оценку угла возвышения рельефа местности. Наконец, искаженные градиенты освещенности облачного покрова, когда нарушена привычная восприятию пилота структура распределения освещенности зрительного поля с доминированием просветленных зон в верхней части воздушного пространства и затемненных зон вблизи нижней кромки облака, могут вызвать у него стойкую и неодолимую иллюзию полета в перевернутом положении. Двумя наиболее известными разновидностями иллюзий искаженного градиента освещенности зрительного поля, провоцирующими подобные зрительные иллюзии, являются: 1) полет над водной поверхностью в направлении облачного фронта при низких углах возвышения солнца над линией естественного горизонта, когда в отличие от освещенного зеркала воды облачным покровом затемнен небосвод и 2) полет в облаках при низких углах возвышения солнца относительно линии того же горизонта с выраженным нарушением градиента освещенности, когда также затемнена верхняя часть небосвода.

Ночные условия полета также могут разрушить восприятие опорных ориентиров наземного пространства за счет “размывания” линии естественного горизонта, контуров рельефа местности и слияния наземных огней освещения со светом звезд, Пониженные условия освещенности ночью могут спровоцировать НПО у пилотов при производстве дозаправки в воздухе, полетах в составе группы, при использовании в полете светосигнальных устройств (ракет) и множестве других аналогичных ситуаций, когда пилот наблюдает визуальные ориентиры, которые движутся независимо от линии естественного горизонта и плоскости земной поверхности. Зрительную работу летчика в ночном полете затрудняют и световые блики на пилотажно-навигационных приборах. Особую сложность представляет выполнение захода на посадку ночью, в безориентирном пространстве, когда у летчика возникает иллюзия “черной дыры”, которая проявляется в том, что, наблюдая контуры изолированной взлетно-посадочной полосы, он производит посадку с недолетом до ее торца. Сложные метеоусловия (дождь, туман) отягощают эту иллюзию.

В целом центральное поле зрения включается в процесс пространственной ориентировки пилота, когда затрудняется или исключается деятельность его периферического поля зрения. Однако, встречаются случаи, когда центральное поле зрения доминирует над незатрудненной влиянием метеофакторов или суточных колебаний освещенности деятельностью периферического поля зрения, что в авиационной психофизиологии обозначается термином “константность зрительного восприятия”. Эта способность обеспечивает пилоту сохранность глубинного глазомера, однако взлетно-посадочные полосы зауженной ширины или лесистый покров из атипично низкорослых деревьев могут спровоцировать нарушение этой важной зрительной функции

#### 3.4. Иллюзии приборного полета при ведении пилотом пространственной ориентировки по авиационному горизонту.

Выше было сказано, что пространственная ориентировка летчика в полете является в значительной степени метеозависимой или метеочувствительной функцией. Наземные визуальные ориентиры внекабинного пространства являются для пилота наглядными, первоприоритетными, наиважнейшими сигналами оценки своего пространственного положения. Инструментальные сигналы полета, адресуемые когнитивной сфере (по И.П.Павлову - второсигнальной системе коры больших полушарий) пилота пилотажно-навигационными приборами и дисплеями, и неспособные стать полноценной заменой воспринимаемых визуально первосигнальных стимулов при определении пространственного положения самолета, являются искусственной, навязанной условиями погоды формой отображения воздушной обстановки, когда условия пониженной видимости затрудняют или исключают его прямой визуальный контакт с землей, нарушают взаимодействие с управляемым самолетом и окружающей средой.

Авиационный горизонт является инструментальным аналогом, искусственным заменителем линии естественного горизонта и используется пилотом при переходе из режима визуального пилотирования в режим приборного полета. По конструктивному решению шкал отсчета углов крена и тангажа различают 2 основных типа названного индикатора: прямой, с неподвижным индексом самолета, отображаемого в плоскости поперечного сечения (вид с хвоста) на фоне подвижной сферической фигуры, в которой небосвод кодирован цветом светлых тонов, земля – цветом темных тонов, и обратный, в котором линия горизонта неподвижно фиксирована, а индекс самолета вращается по оси крена. Прямая индикация символически воспроизводит картину изменений линии естественного горизонта, которую пилот может наблюдать в визуальном полете в процессе оценки пространственного положения своего самолета по наземным опорным ориентирам рельефа местности. Обратная индикация в большей степени интуитивно воспроизводит летчику в кабине картину эволюций управляемого по оси крена самолета на фоне неподвижной линии естественного горизонта. Концептуальное решение обратной индикации пространственного положения самолета априорно отождествляет линию естественного горизонта с положением линии водораздела между прозрачным фонарем (лобовым остеклением) и нижней непрозрачной частью (приборной доски и бортов) кабины самолета, а вертикаль кабины – с нейтральным положением ручки (штурвала) управления летательного аппарата. Разработчики авиационного приборостроения стран Запада традиционно тяготеют к концепции прямой индикации угловых координат пространственного положения самолета, тогда как российские приборостроители при оборудовании самолетов военной авиации отдают предпочтение обратной, а точнее – смешанной или раздвоенной индикации авиагоризонта: с фиксированной линией горизонта – для отсчета в точках пересечения с цифровыми индикантами неподвижной шкалы углов крена левого или правого “крылышек” вращающегося индекса самолета, и с подвижным, расщепленным от фиксированной линии авиагоризонта центральным фрагментом, перемещающимся вместе с оцифрованными рисками шкалы тангажа барабана строго вверх или вниз относительно жестко фиксированной оси вращения индекса индекса самолета по крену – для отсчета углов тангажа. Изломанный в точках выпуска шасси поперечный профиль вращающегося по оси крена индекса самолета с отображением “вид сзади” наглядно передает летчику эволюции самолета по крену, включая полет в перевернутом положении.

Миниатюризация систем отображения полетной информации, которая получила широкое развитие и повсеместное признание в создании и внедрении на борт самолетов коллиматорных авиационных индикаторов из полупрозрачных материалов, стимулировала к жизни в авиационной психологии, особенно в последние годы, ожесточенные споры о преимуществах прямой и обратной индикации пространственного положения самолета. Сторонники каждой из концепций отстаивают преимущества одной и отрицают право на существование другой, доходя до утверждений о невозможности использования каждой из них в решении задач пространственной ориентировки летчика в полете и требований отстранять от полетов авиаспециалистов, склонных отдавать бескомпромиссное предпочтение и поддержку каждой из названных концепций.

Противоречивая оценка преимуществ и недостатков прямой и обратной индикации угловых координат пространственного положения самолета, высказываемая разными летчиками-испытателями, профессиональными пилотами военной и гражданской авиации, авиационными психологами, наводит на мысль о том, что пространственная ориентировка летчика представляет собой не простое ощущение своего положения и движения в трехмерной воздушной среде, а сложный, непрерывный, динамичный и многомерный процесс, в котором четко прорисовываются, по крайней мере, два составляющих подпространства: одно - внутри кабины и другое - за ее пределами (линия естественного горизонта). Когда условия пониженной видимости исключают визуальный контакт летчика с землей, его опорными ориентирами горизонтального положения становится линия водораздела между остеклением (верх) и непрозрачными элементами конструкции кабины (приборная доска, бортовые щитки, пол - низ) и дополняющая их вертикаль нейтрального положения ручки управления. Этот вывод подтверждается тем, в приборном полете прекращается поисково-исследовательская деятельность пилота по определению местоположения линии естественного горизонта активными движениями шейной мускулатуры и голова летчика из-за выключения шейного оптико-кинетического рефлекса перестает отклоняться по осям крена и тангажа, устанавливаясь в нейтральное положение по зрительной вертикали кабины. Именно на эти ориентиры и переключается летчик при отсчете пространственного положения пилотируемого самолета по углу крена. Данный факт находит многократное подтверждение в материалах расследования летных происшествий зарубежных исследователей, описавших немало случаев, когда оказавшись в сложном или непонятном пространственном положении в системе прямой индикации, пилот начинает “гонять” ручкой (штурвалом) подвижную линию авиагоризонта и выводит самолет на режимы полной потери управляемости. Этот же вывод подтверждается и в высказываниях отечественных испытателей авиационной техники, заметивших, что пилотирование по авиагоризонту с обратной индикацией пространственного положения самолета неизбежно сопровождается феноменом “двойной ошибки” по углу крена, когда индицируемый индексом самолета на авиагоризонте угол правого или левого крена, скажем в 25°, соответствует фактическому положению крена самолета относительно земной поверхности в 50°, что летчик обнаруживает мгновенно при переносе взора с приборной доски на наземные ориентиры. Эта ошибка заложена в самой интуитивной конструкции авиагоризонта с обратной индикацией крена, поскольку неподвижная шкала крена, как и вся приборная доска, отклоняются при вводе самолета в крен, и подвижный индекс самолета, дублируя положение гироскопического волчка, неизменно индицирует заниженные показания угла крена по прибору. Факт отсчета летчиками углов крена в точках пересечения левого или правого “крылышек” самолетного индекса на круговой шкале авиагоризонта с обратной индикацией был отслежен в моделируемом полете при использовании киносъемки движений глаз летчика с помощью взглядоотметчика японской фирмы NAC.

Таким образом, включение механизма внутрикабинной фиксации периферического поля зрения при ухудшении видимости вынуждает летчика вести отсчет пространственного положения самолета, сопоставляя положение всех подвижных индексов и стрелочных элементов дисплеев с положением визуальной горизонтали и визуальной вертикали кабины, что подтверждается, как указывалось выше, стабильной ориентацией его головы и туловища. В этой системе отсчета летчику удобнее работать с обратной индикацией пространственного положения. И, наоборот, переключение зрительного внимания летчика на определение местоположения линии естественного горизонта в визуальном полете, когда он выравнивает положение головы и глаз с линией естественного горизонта в пределах доступной ему амплитуды отклонений головы ±15°, облегчает ему оценку пространственного положения пилотируемого самолета по авиагоризонту с прямой индикацией, поскольку она совпадает с положением и движениями линии естественного горизонта. Сказанное выше дает основание предположить и заподозрить, что при пилотировании самолета в сложных метеоусловиях по коллиматорному авиационному индикатору с его миниатюрными и подвижными светящимися индикантами, сфокусированными на бесконечность, летчик также может вести отсчет пространственного положения самолета по опорным визуальным ориентирам рамы или фонаря кабины, что способно завести его в трудную ситуацию непонятного пространственного положения.

Будучи интуитивными по своему первоначальному замыслу, обе системы индикации пространственного положения самолета по авиагоризонту как с прямым, так и с обратным отображением линии естественного горизонта в полете, не в состоянии дать летчику надежное, убедительное отображение пространственного положения самолета в сложных метеорологических условиях, когда необходимо вести непрерывную пространственную ориентировку, особенно при пилотировании на больших углах атаки. Можно предположить лишь, что интуитивное представление пространственного положения самолета по авиагоризонту с прямой индикацией наклона линии естественного горизонта в большей степени соответствует ситуации выхода самолета из приборного полета в режим визуального, тогда как интуитивное отображение пространственного положения самолета по авиагоризонту с обратной индикацией соответствует ситуации перехода самолета из визуального полета в режим пилотирования по приборам. Однако несовершенство двухмерного отображения пространственного положения самолета на авиагоризонте с прямой и обратной индикацией углов крена вынуждает летчика обращаться к наземным ориентирам для определения истинного положения своего самолета, например, по удалению от цели или для сверки навигационных ориентиров пролетаемой местности. Сказанное означает, что летчик переходит на другую систему отсчета пространственных координат пилотируемого самолета, прежде всего, по линии естественного горизонта.

Следует заметить, что восприятие изменения пространственного положения тела и управляемого самолета в значительной мере может зависеть и от высоты полета. Приближение самолета к земле и наземным ориентирам превращает ее в мощный первосигнальный фон, на котором самолет воспринимается как отдельная фигура. При фиксации взора на наземных ориентирах местности, с включением механизмов глубинного глазомера, он будет ощущать эволюции самолета по крену как свое собственное и своего самолета перемещение в пространстве. При фиксации же взора на опорных ориентирах внутри кабины периферическое поле зрения будет воспринимать эволюции самолета по углу крена как вращение линии естественного горизонта и наземных ориентиров. Из сказанного можно заключить, что процесс пространственной ориентировки летчика в полете реализуется через последовательное чередование визуальных механизмов когнитивного опроса центральным полем зрения пилотажно-навигационных приборов с фиксацией периферическим горизонтали по водоразделу между прозрачными и непрозрачными элементами рабочей кабины и визуальных механизмов дальнего глубинного зрения с фиксацией точек отсчета пространственного положения самолета на неподвижной линии естественного горизонта. Такое переключение и чередование двух систем отсчета пространственного положения самолета и составляет основное содержание пространственной ориентировки летчика, ее существо и стержень. Представленные соображения подкрепляются исследованиями пространственной ориентировки космонавтов в длительных полетах, где доминирующую роль играет деятельность зрительного анализатора. Хорошо известна роль опорных ориентиров естественного горизонта в происхождении зрительной иллюзии Луны, впервые описанной российским физиком-оптиком С.И.Вавиловым: вблизи линии естественного горизонта размеры небесного спутника Земли воспринимаются во много раз превышащими его истинные константные размеры по сравнению с тем, когда он находится в безориентирном пространстве в зените.

Таким образом, авиаприборостроителям, авиационным психологам и врачам предстоит провести большой объем научно-исследовательских работ по определению оптимальных режимов индикации пространственного положения самолета, выбору наилучших комбинаций приборной и визуальной оценки угловых пространственных координат летательного аппарата, смягчающих или исключающих расстройство пространственной ориентировки летчика в полете.

#### 3.5. Вестибулярные иллюзии как причина НПО.

Вестибулярная система состоит из 2 больших комплектов чувствительных органов или датчиков пространственного положения тела человека: 6 полукружных каналов (по одной паре в каждой из 3 взаимно перпендикулярных плоскостей движения слева и справа) и 4 отолитовых органов (1 маточки и 1 мешочка с каждой стороны). Полукружные каналы играют роль датчиков угловых ускорений при движениях головы человека. Они стимулируются запаздывающим перемещением эндолимфатической жидкости, движение которой приводит к отклонению волосяных клеток, прикрепленных к желеобразному образованию, называемому купулой. Отолитовы органы благодаря относительно плотным кристаллам углекислого кальция на своих мембранах реагируют на изменения линейных ускорений или движений головы относительно гравитационной вертикали. Вестибулярная система имеет множество проекций и тесно связана с периферическим полем зрения в корковых представительствах центральной нервной системы. Она по существу является дополнением и продолжением периферического зрения человека, обеспечивающего пространственную ориентировку его тела и позы относительно плоскости земной поверхности и поддерживает зрение, перцептивно-двигательную активность за счет гравитоинерциальной стимуляции своих рецепторов.

Вестибулярная система является идеальным органом для обеспечения координации движения человека по земле, например, при ходьбе и поворотах головы, которые выполняются в частотном диапазоне выше 1 Гц. Но, в отличие от периферического зрения, она не приспособлена к восприятию продолжительных вращений головы или длительно действующих линейных ускорений. Например, при угловом движении длительностью в 1 сек полукружные каналы лабиринта эффективно интегрируют сигнал углового ускорения и достоверно информируют высшие нервные центры об угловой скорости движения головы. Однако, поскольку инерциальное запаздывание эндолимфатической жидкости затухает через 5 – 10 секунд от момента ее первоначального возмущения, лабиринтные каналы могут просигнализировать поворот головы в противоположную сторону при замедлении константной скорости углового вращения. Аналогично полукружным каналам отолитовы рецепторы правильно информируют высшие нервные центры человека о скорости движения его головы в пространстве, если сигнал линейного ускорения длится меньше 1 – 2 секунд, тогда как смещение отолитовой мембраны в течение более продолжительного интервала времени ощущается человеком как отклонение головы от гравитационной вертикали. Таким образом, чрезмерная инерционность чувствительных элементов вестибулярного органа летчика при продолжительных воздействиях угловых и линейных ускорений является основным источником вестибулярных иллюзий НПО в полете.

#### 3.6. Формы и виды вестибулярных иллюзий НПО.

Гиллингем и Превик различают 2 разновидности вестибулярных иллюзий: вызываемых угловыми ускорениями и линейными ускорениями. Следует заметить, однако, что во многих случаях вестибулярные иллюзии от воздействия угловых и линейных ускорений часто сочетаются с визуальными иллюзиями НПО.

Одной из самых грозных иллюзий, провоцируемых воздействием угловых ускорений, является так называемая “соматогиральная” иллюзия необратимого или “траурного штопора”. В основе этой иллюзии лежит неспособность полукружных каналов адекватно информировать высшие нервные центры пространственного анализатора пилота при выполнении продолжительного разворота. Например, для выхода из продолжительного левого плоского штопора пилот может попытаться использовать правую педаль и даже в том случае, когда этот маневр удался, прекращение вращения самолета моментально вызывает у него ощущение перехода самолета в правый штопор (иллюзия обратного крена), поскольку горизонтальные полукружные каналы ощущают торможение в правую сторону. Другим примером вестибулярных иллюзий от угловых ускорений являются Кориолисова или “перекрестная” иллюзия пространственного положения, при которой движение головы в процессе непрерывного разворота приводит к остановке движения лимфы в канале, который вышел из плоскости движения и вызывает иллюзию движения в плоскости, перпендикулярной плоскости “отключившегося” канала (например, наклон головы по оси тангажа под углом в 90° при вращении человека в горизонтальной плоскости рыскания, может спровоцировать ощущения крена, поскольку горизонтальные каналы, оказавшиеся в плоскости крена, испытывают стимуляцию от торможения эндолимфы, как только они выходят из плоскости вращения по оси рыскания). Иллюзии НПО от воздействия угловых ускорений весьма распространены у пилотов авиации общего назначения, но они считаются менее опасными у пилотов высокоманевренных самолетов, у которых угловые скорости разворота ниже аналогичных показателей самолетов малой авиации.

Наиболее характерные иллюзии НПО от воздействия линейных ускорений полета вызываются: 1. Отклонением вектора результирующей гравитоинерциальной силы от положения истинной гравитационной вертикали и 2. Изменением величины вектора гравитоинерциальной силы. Эти изменения могут быть спровоцированы воздействием продолжительных линейных ускорений, например, при взлете или при вращении пилотов на центрифуге с внутренней стороны разворота или при выходе самолета из режима горизонтального полета. Одной из самых опасных иллюзий НПО от воздействия линейных ускорений является “соматогравическая” иллюзия, которая ощущается пилотом в процессе взлета и набора высоты как полет на чрезмерно высоких углах тангажа и атаки, а в процессе снижения, например, при заходе на посадку как полет в перевернутом положении. Если в первом случае при наборе высоты пилот попытается уменьшить угол тангажа, этот маневр штурвалом приведет к возникновению центробежной силы, направленной через днище кабины, и может спровоцировать у него ощущение перевернутого полета. Другой опасной иллюзией является уже упоминавшаяся выше “траурная спираль”, провоцируемая действием результирующей гравитоинерциальной силы, которая существенно отклонена от гравитационной вертикали. Эта иллюзия ощущается пилотом как горизонтальный режим полета при выполнении продолжительного маневра разворота. Иллюзия избыточной пилотажной перегрузки (G-excess) считается особенно опасной, когда пилот смотрит вверх с внутренней стороны выполняемого разворота, поскольку чрезмерное перерастяжение отолитовой мембраны может быть истолковано как выход самолета из эволюции разворота в режим горизонтального полета. В результате этого летчик, чтобы сохранить ощущение координированного разворота, может непреднамеренно вывести самолет на еще большие углы крена.

Хотя надежные визуальные ориентиры пространственного положения самолета, наблюдаемые периферическим полем зрения пилота, обычно снимают иллюзорные ощущения, вызванные вестибулярными и другими неинструментальными стимуляциями, этот механизм защиты не может компенсировать полностью ухудшение условий видимости на борту самолета. В этих условиях у пилотов обычно возникают комбинированные глазовестибулярные расстройства пространственной ориентировки, именуемые окулогиральными иллюзиями при воздействии угловых ускорений и окулогравическими иллюзиями– при воздействии линейных ускорений, при которых наступает суммация визуальных и вестибулярных обманов чувств.

#### 4. УЧЕТ СПЕЦИФИКИ ОБРАЗА ПОЛЕТА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНДИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ САМОЛЕТА

Индикатор пространственного положения — авиагоризонт — используется в авиации более полувека. Это один из важнейших приборов, занимающих центральное место на приборной доске. Его функции — обеспечивать не только пилотирование, но и пространственную ориентировку вне видимости земли. Основу лицевой части авиагоризонта составляет изображение линии искусственного горизонта. силуэта самолета и шкалы тангажа.

Существуют два основных типа этого прибора (рис. 2). На первом представлен подвижный (относительно продольной оси, т.е. по крену) силуэт самолета. Линия горизонта перемещается только относительно поперечной оси самолета, вверх и вниз, параллельно самой себе. Она разделяет изображение "земли" и "неба" на шкале тангажа. При перемещении линии горизонта вниз силуэт самолета оказывается на фоне голубого поля, и это означает положительный угол тангажа.

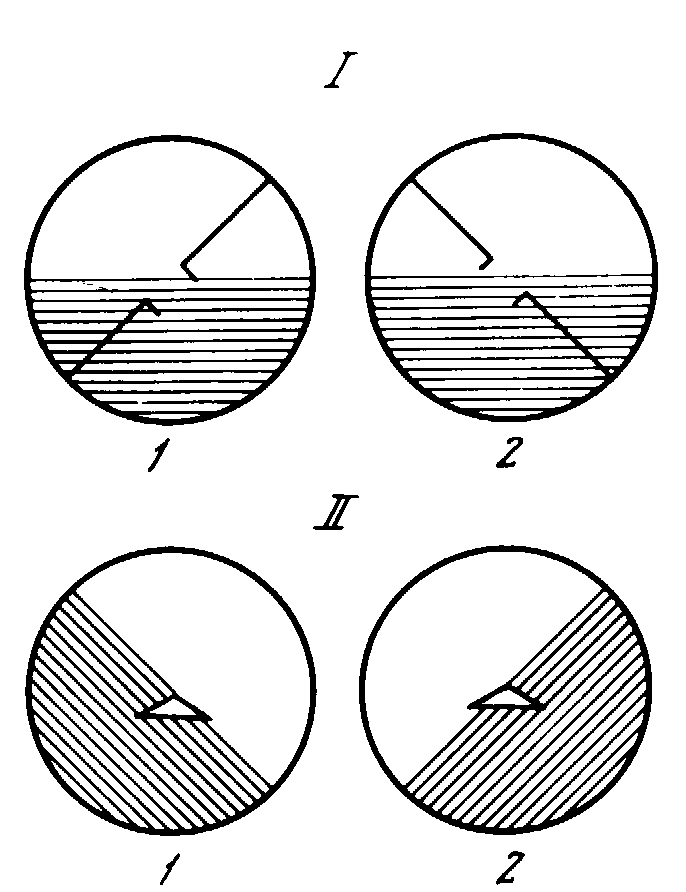


Рис. 2. Схематичное изображение авиагоризонта

1 — вид индикации "с земли на самолет": 1 **—** левый крен. 2 — правый крен; II — вид индикации "с самолета на землю": 1 — левый крен, 2 — правый крен

Такой способ индикации пространственного положения самолета называют "вид с земли на самолет".

На втором типе прибора представлен неподвижный силуэт самолета и перемещающаяся линия горизонта, которая не только уходит вверх или вниз, но и наклоняется вправо (при левом крене) или влево (при правом крене). Такую индикацию принято называть "вид с самолета на землю". Положение самолета определяется через оценку положения земли и горизонта относительно самолета. Иногда этот вид индикации характеризуют как "прямой", или "естественный", основываясь на том, что на индикатор перенесено изображение видимого поля, т.е. перемещающегося относительно положения наблюдателя (в самолете) пространства. Иными словами, индикатор воспроизводит необычную "чувственную основу" образа восприятия. Сделаны попытки визуализировать слепой полет, обеспечить внешнее сходство видимых летчиком картин в визуальном и приборном полетах.

Обычно человек нелетной профессии, в том числе и инженер–конструктор авиаприборов, воспринимает, будучи в полете, землю и горизонт перемещающимися. Отсюда стремление дать на индикаторе подвижный индекс авиагоризонта. Но можно ли такое представление информации считать шагом в визуализации полета? Нам кажется, нельзя. Под термином "визуализация полета" понимается создание такой картины, которая при отсутствии видимости земли воспроизводит ситуацию такой, какой она наблюдается в условиях визуального полета. Эта картина не обязательно соответствует реальной ситуации, которая должна была бы наблюдаться в данный момент, но впечатление, что ситуация, отображаемая в картине, реальна, создавать должна. Отсюда следует, что картина должна быть объемной при строгом сохранении масштаба, что для летчика эта картина должна занимать по горизонту угол около 150°, по углу места — около 125°, как это бывает в визуальном полете. Горизонт на картине должен при всех эволюциях самолета совпадать с невидимым естественным горизонтом. На этой картине нужно воспроизвести бег земной поверхности и многое другое. Только при выполнении этих очевидных условий можно говорить о действительной визуализации полета, создающей впечатление, подобное "эффекту присутствия". Иначе говоря, визуализация, которая могла бы быть эффективной, должна строиться с таким расчетом, чтобы она могла "запустить" всю совокупность механизмов психического отражения, которые работают в визуальном полете.

В зарубежной литературе большой интерес к вопросам визуализации полета наблюдался в 60–х годах. Тогда предполагалось, что разрабатываемые телевизионные, радиолокационные и инфракрасные системы с изображением внекабинного пространства на ЭЛТ послужат средством визуализации полета. Этого не произошло из–за принципиальных различий между видом внекабинного пространства и тем, что изображается на экране ЭЛТ. Малые углы обзора, изменение масштаба, отсутствие глубины на ЭЛТ привели к тому, что они не могли быть использованы в качестве систем визуализации полета. Визуализация полета, которая предполагает представление летчику информации об окружающем самолет пространстве в естественной, привычной для него форме, не была реализована. Такая информация не требует декодирования и расшифровки сигналов, и в этом ее основное преимущество перед любым другим видом информации.

В основе концепции визуализации лежит инженерно–психологический принцип, который иногда называют "принципом наглядности", иногда "принципом реализма". Его суть можно было бы сформулировать так: чем более информационная модель подобна воспроизводимому в ней объекту по тем свойствам, которые отражаются человеком непосредственно, т.е. на сенсорно–перцептивном уровне, тем легче с ней работать.

Если следовать этому принципу, то нужно стремиться к созданию таких информационных моделей, при восприятии которых у человека возникало бы как можно более сильное впечатление, что он воспринимает реальный объект.

Идеальным с этой точки зрения является такая информационная модель, работая с которой человек не может различить, что он воспринимает: реальный объект или его модель. И надо сказать, что научно–технический прогресс уже на современном этапе развития позволяет реализовать рассматриваемый принцип во многих отношениях. В целом преимущество информационных моделей, сенсорно–перцептивно подобных объекту, в том, что они позволяют человеку с высокой степенью полноты использовать его житейский опыт, включая способы и формы действий (и поведения), которые сформировались в процессе накопления этого опыта. Такие модели особенно эффективны, когда решается задача: создать "эффект присутствия". Весьма целесообразно использовать их в процессе обучения человека, в том числе профессионального.

Однако возникает вопрос: является ли рассматриваемый принцип универсальным? На наш взгляд, нет. Ведь он, как говорилось, относится только к одному уровню психического отражения. Между тем концептуальная модель и поэтапно реализующие ее в деятельности оперативные образы многомерны и многоуровневы, и это должно учитываться при разработке информационных моделей. Человек эффективнее и надежнее работает с системой приборов, чем с телевизионным изображением ЛСП, хотя, казалось бы, "принцип наглядности" в последнем случае реализуется полнее, чем в первом. Но дело не в примерах (их можно было бы привести много). Любая информационная модель, используемая в системах "человек—машина" должна оцениваться по крайней мере в двух аспектах: а) насколько полно и точно — с точки зрения задач управления — в ней отображается управляемый объект; б) в какой мере она соответствует информационной модели, складывающейся у человека–оператора, и способу (механизму) психической регуляции его действий.

В этой связи подчеркнем следующее: информационная модель должна помогать пилоту быстро и точно оценивать реальную ситуацию, принимать обоснованные решения и выполнять осознанно управляющие действия. А это требует того, чтобы модель "высвечивала" прежде всего существенные для решения задач управления признаки объекта. Нередко модели, обладающие высокой степенью наглядности, не удовлетворяют этому требованию, а иногда и просто противоречат ему. Излишняя их наглядность затрудняет для пилота оценку сути происходящих событий. В этом случае получается эффект прямо противоположный тому, на который рассчитан принцип наглядности: необходимость выполнять специальные умственные действия по декодированию и перекодированию поступающей информации не только не уменьшается, а, напротив, увеличивается (правда, по своему психологическому содержанию здесь требуются действия иного типа по сравнению с действиями' преобразования знаковой информации).

Заключая, можно сказать, что принцип наглядности эффективен в той мере, в которой он соответствует концептуальной модели, подкрепляет эту модель и способствует ее реализации в оперативных образах, а также управляющих действиях оператора.

Когда речь идет о наглядных информационных моделях, возникает еще один вопрос: что именно такая модель делает наглядным, с какой точки зрения (в буквальном смысле этого слова)?

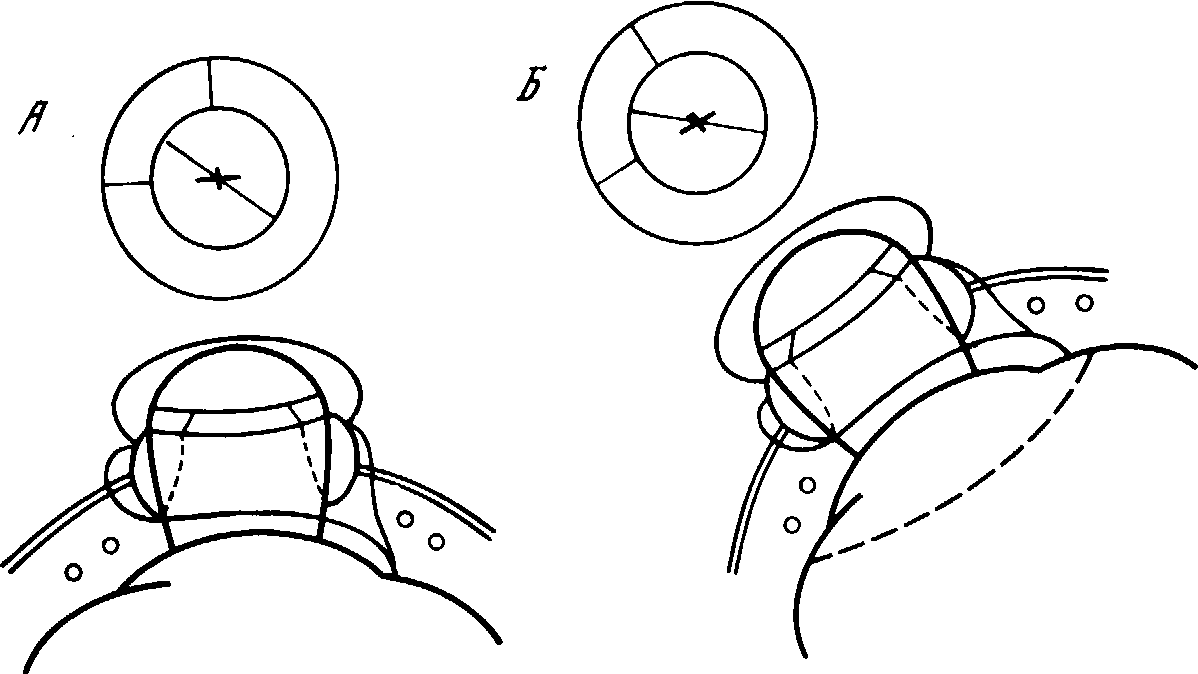
В этой связи вернемся к сравнительному анализу двух основных типов авиагоризонта. Строго говоря, ни один из них не может претендовать на визуализацию полета, так как информация от каждого из них требует мысленных преобразований, поэтому ни один не дает абсолютно надежного определения пространственного положения самолета в особо сложных условиях. Необходимость преобразования информации от авиагоризонта в таких условиях нередко приводит к ошибкам летчика. Поэтому главный вопрос здесь, пожалуй, в том, какой вид индикации легче поддается расшифровке.

Что же касается степени наглядности каждого из типов авиагоризонта, то она примерно одинакова. Основная разница в том, что один представляет наглядную (но очень редуцированную) картину кажущегося движения горизонта относительно самолета, другой — реального движения самолета относительно земли. Поэтому первый часто определяют как "вид с самолета на землю", а второй — "вид с земли на самолет".

Поскольку второй тип авиагоризонта более соответствует концептуальной модели, формируемой у летчика, и задачам управления, поступающая от него информация преобразуется легче, чем информация от. первого типа, не соответствующего информационной модели. Поэтому очень многие летчики, оценивая авиагоризонт "вид с земли на самолет", говорят, что "он более наглядный — его легче расшифровать".

Неудовлетворенность летчиков, в частности зарубежных (а они работают с авиагоризонтом "вид с самолета на землю"), приборами с подвижной линией авиагоризонта, большое число ошибочных решений при определении пространственного положения самолета вызвали к жизни научно–прикладные исследования особенностей восприятия и реакций летчиков на предъявленный вид индикации авиагоризонта. В монографии 3. Гератеволя приводятся интересные данные, относящиеся к оценке принятого за рубежом вида индикации. В частности, в результате испытаний авиагоризонта в кабине Линка показано, что прибор, сконструированный по принципу "с земли на самолет", значительно лучше, чем авиагоризонт, используемый в ВВС США. Эта мысль поясняется рис. 3. Автор монографии приводит психологическое объяснение явлению ошибочного обратного движения, которое возникает из–за измененного соотношения "изображение—земля". Обычно горизонт воспринимается летчиком как неподвижная ориентирная черта, на фоне которой движется самолет. Если, например, в слепом полете действительный горизонт исчезает, то летчик рассматривает свой самолет как центр системы ориентирования, по отношению к которому все указатели, в том числе указатель авиагоризонта, указывающий движение, становятся изображениями. Короткая, близко расположенная и неточно ориентирующая поперечная черта на приборе не может заменить широкий, далекий и "непогрешимый" действительный горизонт. Это смещение значений обусловливает затем смещение в определении своего положения. Автором был сделан вывод о том, что в полете по приборам действуют закономерности восприятия, отличные от закономерностей, определяющих восприятие пространства в визуальном полете.

Несмотря на отрицательную оценку принятого за рубежом вида индикации, его продолжают использовать как пилотажный прибор и как индикатор пространственного положения, т.е. нельзя отрицать, что вид индикации "с самолета на землю" обеспечивает успешность действий летчиков. Но, по–видимому, пренебрежение психологическими механизмами ориентирования не могло не сказаться отрицательно на надежности действий летчика в сложных условиях полета. Не случайно за рубежом проблема индикации обсуждается и в 60–е, и в 70–е годы. В частности, исследователи пишут о психологическом дефекте принятого принципа индикации и продолжают поиски путей ее оптимизации.



**Рис. 3. Трудности использования авиагоризонта с принципом индикации "вид самолета на землю":**

***а —* действительное показание авиагоризонта: *б —* так летчик должен мысленно повернуть авиагоризонт, чтобы определить истинное положение самолета по отношению к горизонту**

Индикатор пространственного положения (точнее, принцип индикации) не менялся с тех пор, как он был принят в 1929 г. И тем не менее многие исследователи и летчики ставят вопрос о недостатках — с точки зрения человеческого фактора — данного вида индикации, говорят о преимуществах вида индикации "с земли на самолет", причем часто на основании экспериментальных исследований. Крупный авторитет в области инженерной психологии (и один из ее основателей) А. Чапанис еще в 1959 г. приводил экспериментальные доказательства неудовлетворенности авиагоризонта "вид с самолета на землю". Он отмечал, что такой прибор путает даже опытных летчиков. Примечательно, что этот тип авиагоризонта приводится им как пример ошибочности решений, опирающихся только на житейский смысл *(common sense).* Будьте осторожны с "житейским смыслом", призывает Чапанис, когда речь идет о создании приборов; часто он приводит к неверным решениям; разработка приборов не может довольствоваться "здравым рассудком", а должна основываться на строгих научных, прежде всего экспериментальных, данных.

Экспериментальные исследования восприятия двух типов авиагоризонта проводились и позднее. В частности, в работе изложены результаты сравнительного исследования эффективности их использования. В исследованиях участвовали две группы испытуемых: малоопытные (налет меньше 400 ч) и опытные (налет больше 1000 ч) летчики (32 человека). Учитывались двигательные реверсионные ошибки, время начала управления и ряд других показателей. Анализ ошибок показал, что при использовании подвижного силуэта самолета число ошибок в двух группах летчиков не различалось, тогда как при использовании подвижной линии горизонта малоопытные ошибались чаще, чем опытные. Это прослеживалось и по другим показателям: при использовании индикатора с подвижной линией горизонта качество действий малоопытных летчиков было хуже по сравнению с использованием непривычного для них авиагоризонта. В результате работы авторы предложили заменить используемый в США прибор индикатором с подвижным по крену силуэтом самолета и линией горизонта, перемещающейся параллельно самой себе по шкале тангажа. Поводом для такого предложения послужило то, что по мнению авторов, именно этот индикатор соответствует "подсознательным" стремлениям летчиков видеть горизонт расположенным перпендикулярно относительно продольной оси их собственного тела.

Мы привели эти данные, чтобы показать, что в США до сих пор ведутся исследования, направленные на пересмотр повсеместно распространенного там принципа индикации крена на авиагоризонте. Следовательно, проблема вида индикации не представляется окончательно решенной и в стране, в которой этот принцип используется в течении более чем 50 лет.

В справочнике по инженерной психологии, изданном в США в 1966 г., о проблеме вида индикации говорится как о еще не решенной. В общем случае рекомендуется ориентиры пространства отображать фиксированным индексом пространства, а движение объекта — подвижным. О потребностях пересмотра принципа индикации свидетельствует и ряд исследований, посвященных обоснованию новых принципов индикации ("Киналог" с частотным разделением).

Принцип "Киналог" (кинетический аналог полета) основан на постулате о необходимости предъявления летчику такой информации, которая в самых сложных условиях полета позволяла бы действовать быстро и правильно. Автор прибора считает, что "Киналог" позволяет получить визуальную информацию, не противоречащую кинестезическим ощущениям. Это достигается сменой видов индикации в соответствии с изменением ощущений летчика. Например, при вводе в крен летчик ощущает кренение самолета и видит на приборе кренящийся самолет. После стабилизации крена в координированном развороте летчик не ощущает крена и на приборе видит стабилизированный самолет и наклонную линию горизонта. Прибор "Киналог", насколько нам известно, не только не внедрен ни на один самолет, но и не проходил инженерно–психологических исследований. Но для нас интересен сам факт стремления разрабатывать новые принципы индикации пространственного положения.

Авторы предложения сконструировать авиагоризонт с частотным разделением исходили из неудовлетворенности авиационной практики индикацией "вид с самолета на землю". Они указывали, что двигательные ошибки при использовании подвижной линии горизонта обычно связаны с необходимостью быстро реагировать на замеченные отклонения в пространственном положении самолета. При таких ситуациях, считают авторы, необходимо, чтобы индексы в ответ на управляющие воздействия двигались в ожидаемом направлении. Этого принятый за рубежом авиагоризонт не обеспечивает. Отсюда — большоечисло ошибок при выводе самолета из сложного положения: на 64 предъявления индикатора "вид с самолета" было совершено 14 ошибок, а индикатора "вид с земли" — только 3 ошибки. При этом ошибки при использовании привычного для летчиков авиагоризонта ("вид с самолета") имели устойчивый характер.

В качестве теоретического объяснения недостаточной эффективности использования вида индикации "с самолета", в зарубежной психологии предлагается положение об изменении соотношений "фигура—фон" при полете по приборам. В визуальном полете любое движение самолета в пространстве летчик воспринимает как свое движение (фигура) по отношению к подвижной земле (фону). Такое восприятие генетически обусловлено: в процессе эволюции животного мира, а также онтофилогенетического развития человека сформировался биологически целесообразный геоцентрический принцип ориентации и движения в пространстве, т.е. человек в качестве основы для ориентирования использует генетически унаследованную систему координат. При этом летчик вместе со своим продолжением — самолетом — перемещается как единое целое относительно земли и горизонта. Для данного вида передвижения в пространстве глубочайший смысл состоит в том, что именно в этой системе координат органически сочетаются два компонента образа полета: а) пространственная ориентировка; б) чувство самолета.

Когда летчик управляет самолетом вне видимости земли, по приборам, вся кабина становится неподвижным фоном, по отношению к которому все указатели, в том числе и указатель крена (линии авиагоризонта или силуэт самолета), становятся фигурами. Причина двигательной ошибки при использовании индикации "вид с самолета" в том, что летчик на наклон линии искусственного горизонта реагирует как на наклон самолета.

В работе аргументация авторов в пользу индикатора с подвижным силуэтом самолета состоит в следующем: прибор с подвижным по крену силуэтом самолета соответствует представлению человека о положении самолета в пространстве.' Летчик оценивает перемещение самолета по отношению к реальному пространству, а не наоборот. В визуальном полете это стремление выражается в том, что при кренах летчик поворачивает голову определенным образом. Для иллюстрации в статье приводится рисунок с объяснениями, которые направлены на обоснование принципа индикации "с земли на самолет" (рис. 4). Если в визуальном полете летчик стремится держать голову вертикально по отношению к реальному горизонту, то в полете по приборам он стремится держать ее вертикально по отношению к поперечной оси самолета. По этой причине линия горизонта на индикаторе должна оставаться горизонтальной по отношению к полу кабины.

Вывод о преимуществе вида индикации "с земли на самолет" не имел практических последствий. В течение нескольких десятилетий зарубежные летчики пилотируют и ориентируются по индикатору с подвижной линией горизонта. В нашей стране до последнего времени преобладает вид индикации авиагоризонта "с земли на самолет", но около десяти лет назад начались настойчивые попытки изменить

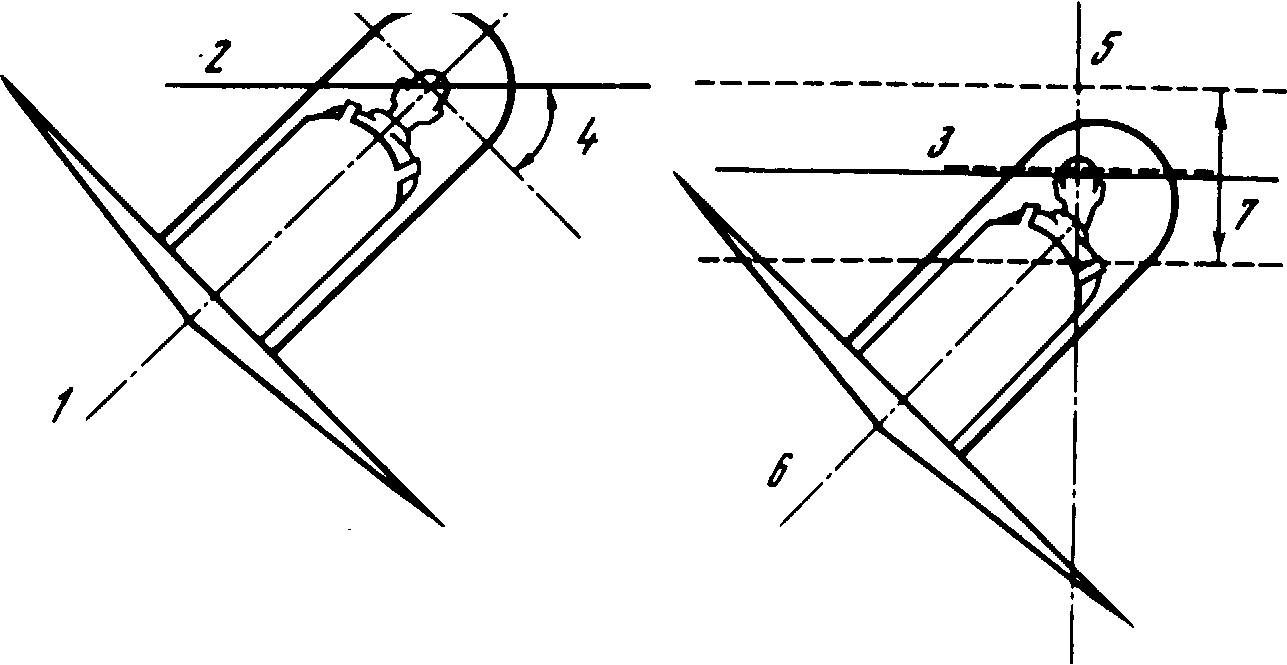


Рис. 4. Основания для предпочтения авиагоризонта с движущимся силуэтом самолета:

*а —* летчик держит голову прямо по отношению к вертикальной оси самолета, и горизонт кажется ему наклонным; *б —* летчик вынужден поворачивать голову, чтобы горизонт остался фиксированным. 1 — ось, проходящая через голову и тело параллельно вертикальной оси самолета; 2 — реальный горизонт; 3 — плоскость, проходящая через глаза, 4 — угол между линией горизонта и плоскостью глаз; 5 — ось, проходящая через голову; 6 — ось, проходящая через тело; 7 — вертикальное перемещение горизонта

конструкцию лицевой части на противоположную. При этом одним из аргументов сторонников изменения вида индикации является ссылка на зарубежный опыт. Поэтому мы и постарались показать, что и за рубежом проблему нельзя считать решенной.

Анализ состояния проблемы индикации за рубежом позволяет сделать ряд выводов.

1. Принятый и используемый в течение вот уже пятидесяти лет прибор с подвижной линией горизонта и подвижным силуэтом самолета многие специалисты считают недостаточно пригодным для индикации пространственного положения самолета.

2. За рубежом продолжаются исследования, направленные на выбор и оценку другого принципа индикации пространственного положения, в том числе вида "с земли на самолет".

3. Критика индикации "вид с самолета на землю" основана на практическом опыте эксплуатации (наличие аварий и катастроф из–за ошибок интерпретации показаний авиагоризонта), а также на теоретических представлениях о механизмах восприятия пространства в полете по приборам (теория фигуры и фона, генетическая обусловленность геоцентрического характера представления человеком пространства).

Рассмотрим основные результаты отечественных исследований действий летчика при использовании двух видов индикации авиагоризонта.

Эксперименты, проведенные авиационными психологами в 40— 50–х годах, показали, что индикатор с подвижным силуэтом самолета обладает преимуществами, с точки зрения восприятия и оценки пространственного положения по сравнению с индикатором противоположного вида. Вероятность правильных решений и скорость реакции были выше при использовании вида индикации "с земли на самолет".

В 1977 г. описан летный эксперимент, проведенный с участием планеристов, обладающих летным опытом и вместе с тем не использовавших прежде ни один из оцениваемых видов индикации. Лучшие результаты по качеству пилотирования и по субъективной оценке планеристов показал авиагоризонт с подвижным силуэтом самолета.

Исследования, проведенные в наземных условиях (при помощи тахистоскопа и имитатора), также показали большую эффективность действий при использовании индикатора с подвижным силуэтом самолета. Авторы объясняют преимущество индикации "с земли на самолет" более адекватным отражением реальной обстановки в субъективном пространственном образе, регулирующая функция которого тесно связана со сложившейся в фило– и онтогенезе геоцентрической системой отсчета.

В исследовании, проведенном на имитаторе полета, при сравнении эффективности вывода самолета из сложного положения выявлены различия в способах действий в зависимости от вида индикации: при использовании индикатора с подвижным силуэтом самолета летчики, выполняя действие, осознанно представляли его пространственное положение; при использовании индикатора с подвижной линией горизонта вывод из сложного положения осуществлялся "механически". Как известно, механически выполняемые операции обладают внутренней ненадежностью, которая особенно проявляется в условиях усложнения обстановки полета.

Обобщая результаты исследований, можно заключить, что в своей попытке объяснить преимущество индикатора "вид с земли на самолет" большинство авторов так или иначе опираются на мнение, что этот вид индикации соответствует системе психической регуляции ориентировки человека в пространстве, т.е. теоретической концептуальной модели, в частности образу полета. На основании экспериментальных данных, а также многочисленных высказываний летчиков можно утверждать, что для их подавляющего большинства (> 95%) пространственная ориентировка легче осуществляется на основании принципа индикации "с земли на самолет". И это мы связываем с соответствием вида индикации содержанию образа пространственного положения.

Рассмотрим некоторые аргументы сторонников противоположного вида индикации. Первый из них, о том, что вид индикации "с самолета на землю" приближает визуализацию полета, мы, как нам кажется, сумели опровергнуть: ни один из видов индикации современных индикаторов пространственного положения не может претендовать на то, чтобы быть действительным визуализатором полета. Понятия визуализации и индикации — это разные понятия. И можно сравнивать лишь степень наглядности различных индикаторов, а не степень соответствия их визуализаторам полета.

Второй аргумент против сохранения на отечественных самолетах вида индикации "с земли на самолет" заключается в следующем: данный принцип индикации неприемлем при внедрении новых видов индикации, прежде всего индикатора на лобовом стекле кабины. Поскольку индикатор на лобовом стекле(ИЛС) предназначен для пилотирования не столько в облаках, сколько при видимости земли и естественного горизонта, а также в условиях частой смены ориентировки, постольку на нем якобы должна быть изображена линия горизонта, совпадающая с видимой линией естественного горизонта. В противном случае, как полагают сторонники внедрения вида индикации "с самолета на землю", неизбежны ошибки, особенно при переходе от приборной ориентировки к визуальной. А раз на ИЛС неприемлем вид индикации "с земли на самолет", то и на приборной доске следует применить противоположный вид индикации авиагоризонта для обеспечения единообразия.

Опираясь на теоретические представления о содержании и функционировании образа полета, мы считаем данный аргумент ошибочным. Дело в том, что при переходе от приборного полета к визуальному образу восприятие реального пространства — земли и естественного горизонта — является доминирующим. В полете же по приборам, когда естественный горизонт не виден, летчик легче ориентируется по подвижному силуэту самолета. Для летчика при полете в облаках существует единственная линия искусственного горизонта на авиагоризонте и положение относительно нее искусственного силуэта самолета. Для него важно положение самолета относительно линии горизонта, поверхности земли, а не наоборот; линия искусственного горизонта при полете в облаках для летчика — единственная, и ему никогда не приходит в голову сравнивать ее положение с невидимой линией естественного горизонта. Летчик управляет самолетом, и для него естественно оценивать результат своих управляющих воздействий по крену вращения силуэта самолета относительно линии искусственного горизонта.

Наше мнение, основанное на психологическом анализе образа полета, подтвердилось результатами использования в полете индикатора на лобовом стекле. По нашей просьбе высококвалифицированные летчики–испытатели высказали свои наблюдения, касающиеся особенностей восприятия информации при использовании ИЛС. «Первые полеты с ИЛС выполнялись в простых метеоусловиях. Вид индикации по крену на лобовом стекле был "с самолета на землю", а на приборной доске стоял прибор с видом индикации "с земли на самолет". Часть летчиков знали, что виды индикации на авиагоризонте и лобовом стекле различны, часть же летчиков перед полетом не обратили на это внимания. В полете были получены очень интересные факты. У тех летчиков, которые знали, что индикация крена на ИЛС вид "с самолета на землю", после полета возникало недоумение: как же так, говорили, что вид индикации на лобовом стекле "с самолета на землю", а на самом деле "с земли на самолет"? И только после сознательного анализа и концентрации внимания на том, что линии естественного и искусственного горизонтов неподвижны относительно друг друга, а относительно них обеих вращается силуэт самолета, убеждались, что вид индикации на ИЛС действительно "с самолета на землю"».

Те же летчики, которые не старались разбираться в этом вопросе, были убеждены, что вид индикации на лобовом стекле и на авиагоризонте одинаков, причем "с земли на самолет". И только после посадки, при разборе полета, они обнаруживали свое заблуждение. При этом в воздухе ни у одного из летчиков не возникало каких–либо затруднений в пилотировании из–за разницы в видах индикации. Это объясняется тем, что в визуальном полете, когда виден естественный горизонт, летчик ориентируется по нему.

Когда же начали выполнять полеты в сложных метеоусловиях, то при входе в облака все летчики сразу заметили, что вид индикации на лобовом стекле — "с самолета на землю". Был проведен очень простой эксперимент: на снижении за облаками при хорошей видимости естественного горизонта при пилотировании по ИЛС самолет плавно перекладывался из крена в крен. При этом вращение носовой части самолета и искусственного силуэта относительно естественного и совпадающей с ним линии искусственного горизонта воспринималось как вполне естественная реакция на дачу рулей. Как только самолет входил в облака и видимость естественного горизонта пропадала, летчик сразу воспринимал силуэт самолета неподвижным, а линию искусственного горизонта — вращающейся, причем в сторону, противоположную управляющим воздействиям на рули. Летчики сами сделали следующий вывод из своего наблюдения: для них всегда началом отсчета крена самолета является линия горизонта (естественного при визуальном пилотировании и искусственного при полете в облаках). Летчик никогда не управляет горизонтом, это для него противоестественно. Поэтому воспринимая одновременно, с одной стороны, естественный горизонт и вращение относительно него носа самолета, а с другой — индикацию: силуэт самолета на ИЛС, а также приборную доску, на которой он видит вращение силуэта самолета относительно искусственного горизонта, он даже не замечает, что виды индикации различны. Но, утверждают летчики, на индикаторе на стекле желательна индикация вид "с земли на самолет", так как это облегчает пилотирование и ориентировку в облаках. При визуальном полете летчику безразличен вид индикации, так как у него нет никакого сомнения относительно пространственного положения самолета. Полеты с ИЛС, на котором использовался вид индикации "с земли на самолет", не вызвали затруднений у летного состава.

Существенным недостатком вида индикации "с самолета на землю" летчики считают трудности оценки положения при больших углах тангажа, особенно в перевернутом положении. В приборном полете при углах тангажа больше 30°, когда линия искусственного горизонта уходит из поля зрения летчика и он видит только один цвет, судить о том, что самолет находится в перевернутом положении, он может только по тому, что цифра на шкале тангажа перевернута. При виде индикации "с земли на самолет" летчику все ясно: самолет в перевернутом положении, так как силуэт самолета на авиагоризонте — колесами вверх. При этом при любых эволюциях самолета оцифровка шкалы тангажа находится перед летчиком в нормальном положении, и он без затруднений считывает значения угла тангажа.

Подводя итог, попытаемся в обобщенном виде изложить доводы в пользу представления информации о пространственном положении по типу "вид с земли на самолет".

Прежде всего мы исходим из принципа, что изображение пространственного положения на индикаторе должно соответствовать содержанию образной концептуальной модели, формируемой у летчика. Мы считаем, что подавляющее большинство летчиков — и это доказывается не только данными самонаблюдений, но и экспериментальными материалами — воспринимают в визуальном полете (и представляют в приборном) землю и горизонт неподвижными, самолет — перемещающимся относительно земли. Образ отражения летчиком пространства в полете соответствует образу пространства, сложившемуся в процессе жизни человечества на земле.

В полете по приборам функционирует адекватный по содержанию образ–представление. Изображение на индикаторе неподвижного авиагоризонта и подвижного самолета соответствует содержанию этого образа. В простых условиях полета, когда восприятие прибора происходит без значительных перерывов, функционирование образа, регулирующего ориентировку, также не требует умственных усилий, и представление информации по типу "вид с земли на самолет" способствует тому, что регуляция осуществляется подобно тому, как это происходит в визуальном полете.

В случае усложнения задач летчика и неизбежных в связи с этим перерывов в восприятии индикатора пространственного положения возможно расхождение содержания образа—представления с реальным положением самолета в пространстве. Это расхождение наиболее вероятно при незаметно возникшем изменении положения самолета по крену или тангажу. Возникает описанное выше рассогласование между сенсорно–перцептивным, с одной стороны, представленческим и понятийным — с другой, уровнями психического отражения. В такой ситуации ориентировка регулируется на речемыслительном уровне, причем использование индикатора, построенного по принципу "с самолета на землю", усложняет процесс мышления, прибавляет к циклу умственных действий дополнительное действие преобразования воспринимаемого изображения крена в представление о крене в геоцентрической системе координат.

Использование индикации "вид с земли на самолет" не требует этого дополнительного преобразования. Изображение положения самолета на индикаторе совпадает с образным представлением, сформированным у летчика: с содержанием его концептуальной модели.

#### Заключение.

Сенсорные расстройства пилотов, провоцируемые воздействием экстремальных факторов полета и неблагоприятных метеоусловий, приводят к значительному снижению их работоспособности, безопасности и эффективности пилотирования. Наилучшим решением этой проблемы и щитом от этих угроз являются эффективные пилотажно-навигационные дисплеи, по которым высокопрофессиональные пилоты способны бдительно отслеживать сложную воздушную обстановку полета. Примером таких перспективных систем являются бортовая база данных топографического рельефа пролетаемой местности (цифровая геоинформационная система), которая привязана к системе автоматического зависимого наблюдения, спутниковой навигации и интеллектуальной автоматике. При попадании пилотируемого самолета в сложное пространственное положение интеллектуальный автопилот выводит летательный аппарат в безопасный режим горизонтального полета и выдерживает его до полного восстановления нормального функционального состояния и работоспособности пилота, обеспечивая ему в кабине полную визуализацию воздушной обстановки и наземных ориентиров в самых неблагоприятных метеоусловиях. Указанная система уже начала внедряться в истребительной авиации ВВС Швеции и можно ожидать, что позднее станет достоянием и гражданской авиации. Пока уязвимым местом системы остается ее неспособность заблаговременно опознавать и уводить самолет от столкновения с высоковольтными линиями электропередач (Уилльям Олбери, 2003). Естественно, что при проектировании авиационных приборов и систем управления конструкторы должны подходить к решению этого вопроса с учетом самых худших сценариев нестандартной ситуации полета, а не с точки зрения идеально подготовленного к полету пилота. Сказанное относится к дисплеям, переключателям, и другим элементам непосредственного взаимодействия пилота с самолетом. При этом разработчики и специалисты авиационного приборостроения должны помнить о том, что при нарушении пространственной ориентировки с неизбежными проявлениями визуально-вестибулярного конфликта, пилот может пострадать от дезорганизации своей интеллектуальной деятельности с истощением психических ресурсов внимания, расстройствами устного счета времени, произвольной регуляции управляющих движений. Если в условиях лабораторного эксперимента пилоту для выхода из сложного пространственного положения может потребоваться 1 секунда, в реальном полете с пилотированием по коллиматорному индикатору или пилотажно-навигационным приборам в кабине самолете аналогичная задача потребует как минимум от 5 до 10 секунд летного времени. В таких ситуациях с управлением могут и не справиться даже переобученные пилоты-супермены, навыки которых могут деградировать до уровня малоопытного новичка-курсанта. Поэтому, основная задача специалистов современного авиаприборостроения состоит в том, чтобы представить пилоту на дисплее в наиболее наглядном и интуитивном виде всю необходимую для эффективного и безопасного выполнения полетного задания информацию, совместимую с естественными механизмами ее переработки в мозгу летчика. Необходимо расширить применение на борту самолетов систем невизуальной (например, тактильной и звуковой) сенсорной информации, а также двигательной систем, которые в наименьшей степени подвержены неблагоприятным эффектам и последствиям воздействия гипергравитационного поля и визуально-вестибулярного конфликта (например, пальцы рук). Именно создание оптимизированных систем индикации и управления полетом позволит изжить тяжелые последствия НПО и связанных с ними расстройств сенсорно-перцептивной сферы летчиков в полете.

Контрольные вопросы:

1. Основные психофизиологические факторы влияющие на работу пилота?
2. Роль проектировщика в повышении эффективности работы пилота?
3. Виды иллюзий пространственного положения летчика в полете?
4. Влияние периферического зрения на пространственную ориентацию пилота?
5. Особенности прямой и обратной индикации?
6. Причины возникновения вестибулярных иллюзий?
7. Влияние линейных ускорений на пространственную ориентацию?
8. Перспективы развития в области повышения эффективности взаимодействия пилота с системами отображения информации и управления?

**Литература:**

1. *Н.Д.Завалова, Б.Ф.Ломов, В.А.Пономаренко* Образ в системе психической регуляции деятельности. М.: Наука. 1986 г.
2. *Береговой Г.Т.. Завалова Н.Д.. Ломов Б.Ф.. Пономаренко В.А.* Экспе–риментально–психологические исследования в авиации и космонавтике /Под ред. Б.Ф. Ломова, К.К. Платонова. М.: Наука. 1978.303 с.
3. *Бездетное Н.* Тип индикации. Какой лучше? // Авиация и космонавтика. 1976. N 10. С. 20—21.
4. *Гератеводь 3.* Психология человека в самолете. М.: Изд–во иностр. лит. 1956.375 с.
5. *Доброленский К). П., Пономаренко В.А.. Завалова Н.Д.. Туваев В.А.* Методы инженерно–психологических исследований в авиации. М.: Машиностроение, 1975.280 с.